

人工湿地作为微污染水源水预处理技术的研究进展

周曼舒¹, 李冬梅^{1*}, 马 艳¹, 仓基俊², 杜观超³, 曹 勋¹

(1. 南京大学盐城环境工程与技术研究院, 江苏 盐城 224000; 2. 盐城市水利规划办公室, 江苏 盐城 224000; 3. 盐城市盐龙湖饮用水源管理处, 江苏 盐城 224000)

摘要: 城市水源水的污染导致常规给水工艺处理不能满足安全用水要求, 迫切需要一种有效、简便的预处理技术来减轻常规工艺的负担。人工湿地是一种由土壤、人工介质、植物、微生物构成, 利用物理、化学、生物协同作用净化水质的技术, 近年来受到越来越多的关注和发展。文章主要综述了近年来应用在微污染水源水预处理方面的技术以及人工湿地技术在处理微污染水中的应用现状与不足。

关键词: 人工湿地; 微污染水; 预处理技术

中图分类号: TU991.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2018) 09-0016-03

Research progress on artificial wetland as pretreatment technology for micro-polluted source water

ZHOU Manshu¹, LI Dongmei^{1*}, MA Yan¹, CANG Jijun², DU Guanchao³, CAO Xun¹

(1. *Nanjing University & Yancheng Academy of Environmental Protection Technology and Engineering, Yancheng 224000, Jiangsu*; 2. *Yancheng City Water Conservancy Planning Office, Yancheng 224000, Jiangsu*; 3. *Yanlong Lake Drinking Water Management Department Office of Yancheng City, Yancheng 224000, Jiangsu*)

Abstract: The pollution of urban water source leads to the failure of conventional water supply technology to meet the requirements of safe water. An effective and simple pretreatment technology is urgently needed to reduce the burden of conventional process. Artificial wetland is composed of soil, artificial medium, plant and microorganism, which is a technology using physical, chemical and biological synergy water purification. It has been paid more and more attention and developed in recent years by using physical, chemical and biological synergism to purify water quality. The techniques applied in the pretreatment of micro-polluted source water in recent years and the application status and shortcomings of artificial wetland technology in the treatment of micro-polluted water were mainly reviewed.

Key words: artificial wetland; micro polluted water; pretreatment technology

微污染水源水是指受到有机物污染、部分水质指标超过《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅲ类水体标准的水体。此类水体中虽然有机物、氨氮等含量较低,但污染物种类较多,以除浊和消毒为主的传统常规水处理工艺难以达到水质安全要求,需要合理的预处理技术进行初步处

理,以减轻后续处理工艺的负荷。常见微污染水预处理技术有生物预处理、化学预氧化、膜过滤预处理、活性炭吸附预处理等,但这些预处理工艺均存在一定不足,或设备相对复杂,或运行和操作条件要求高,或成本较高,或净水作用不全面。为提高饮用水源水质,降低给水处理厂的负荷,寻求

收稿日期: 2018-05-02

基金项目: 江苏省水利科技项目(2016047)

作者简介: 周曼舒(1993—),女,硕士研究生,主要从事水域生态治理工作。

通讯作者: 李冬梅(1989—),女,硕士研究生,主要从事水生态环境修复工作。

一种简单、高效、经济的原水预处理技术十分必要。近年来,人工湿地作为微污染源水的预处理技术的研究越来越受到重视。

1 人工湿地概述

生物—生态修复理念的提出,加速了人工湿地近年来的发展。相较于其他处理设施,人工湿地系统成本及运行费用低,处理效果稳定、耐冲击负荷能力强,能与周围环境相融合,被广泛应用于动物栖息地保护、城市生活污水处理、酸性矿废水处理与农业面源污染控制等方面。

1.1 人工湿地类型

人工湿地按水流方式一般可分为表流、潜流和垂直流人工湿地。其中表流人工湿地中水在土壤上层水平流动,在功能与构造上与自然湿地最为相似,受季节变化影响大。潜流人工湿地研究及应用较多,系统中水体通过填料渗透,处理效果好,但投资较表面流湿地高,该湿地具有一定保温性,因此受气候影响小。垂直流人工湿地中,水在填料床中竖向流动,建造要求高,易滋长蚊蝇,应用较少。

1.2 人工湿地净化机理

人工湿地主要靠基质吸附、微生物分解、植物吸收3种途径对污染物进行去除。

①湿地土壤颗粒具有较大的比表面积,表面可形成一层生物膜,该生物膜可以过滤沉积物,吸附大量不溶性有机物质进而被微生物吸收;②植物根系和底物表面生物膜吸附,吸收和代谢可去除水中溶解的有机物。湿地系统交替建立好氧,缺氧和厌氧环境,使好氧菌,厌氧菌和兼性菌生存。有氧代谢将有机物分解成二氧化碳和水;厌氧发酵将有机物分解成二氧化碳和甲烷。水体中的大部分生物体最终都被异养微生物转化为二氧化碳,甲烷和水等自身物质;③湿地植物能吸收部分污染物,通过植物收割,将植物吸收的有机物质除去。

2 人工湿地在微污染源水处理中的应用

2.1 应用现状

人工湿地作为一种生态处理技术,已成功用于生活污水、工业废水处理等领域,但目前将人工湿地应用在微污染源水预处理工艺中仍属于探

索阶段。

左倬等^[1]以挺水、沉水以及浮叶植物构建的多生活型表流湿地作为盐城市龙冈镇境内蟒蛇河饮用水源水净化系统,结果发现,湿地对各指标均有一定去除效果,去除率分别为CODMn3.6%,TN19.3%,氨氮23.1%,TP40.6%,但去除效果不稳定,水质受季节变化影响较大。研究也发现,人工湿地中植物直接通过吸收去除的N、P一般不及总N、P去除率的5%,与其他研究^[2-3]结论相一致。

修春海^[4]构建的往复式、推流式潜流人工湿地和芦苇床、蒲草床表面流人工湿地,对微污染黄河原水中TN和COD的去除效果明显。2种潜流人工湿地去除效果无明显差异,且对总氮的去除率均低于50%,表面流湿地对总氮去除率可高达80%以上,4套人工湿地系统对COD的去除率均在30%~65%之间。

李志元等^[5]用芦苇、香蒲表面流人工湿地处理微污染河水时发现,随水力停留时间增加,去除效果变好。孙井梅等^[6]的研究发现,垂直潜流人工湿地对北方微污染水体有较好的净化效果,能有效抑制水体富营养化,NH₄⁺-N、TP、COD的平均去除率最高分别可达91%、82%、80%;TN阶段平均去除率为32%~78%,受季节变化影响较大。

2.2 影响因素

根据目前人工湿地预处理技术的应用和研究,影响微污染水处理效果的因素主要有:

(1)基质。不同基质的湿地去除效果差异较大。Alexandros等^[7]构建的沸石床水平潜流人工湿地,COD的去除率分别为52.5%和62.0%。W.H.Park^[8]在水力负荷为0.13m³/m²d下,利用明矾污泥和牡蛎壳构建人工湿地系统,对BOD的去除率为89.5%~91.4%。

(2)植物。王庆海等^[9]通过模拟人工湿地比较了7种高级水生植物(水生鸢尾,菖蒲,芦竹,千屈菜,芦苇,野茨菇,荻)的净化能力。结果表明,不同植物对COD的去除率差异显著,水生鸢尾和千屈菜的去除率均高于80%,其他5种水生植物去除率在30%~60%范围。对于TN和TP,7种植物去除率均在90%左右,无显著差异。

(3)微生物。冷湘梓等^[10]研究表明COD的去除率与湿地基质中细菌、真菌的数量呈显著正相关关系。

(4) 其他。水力停留时间、温度等条件也影响甚至决定湿地的去除效果。人工湿地对污染物的去除效果一般随水力停留时间的延长增强。人工湿地去除 COD、TN 的效果呈现季节性变化, 在低温条件下去除效果没有常温或高温条件下理想。

2.3 存在问题

由于我国对人工湿地处理微污染水体技术的研究起步较晚, 应用中主要存在下列问题。

2.3.1 工艺问题

缺乏对微生物、基质、植物去除低浓度污染物的相应机理、持久去除效果的研究; 人工湿地系统中吸附作用达到饱和后的处理问题、长期运行后系统中基质堵塞问题等。

2.3.2 土地资源制约

人工湿地由于处理负荷较低导致占地面积大。深圳白泥坑人工湿地处理系统是我国第一个人工湿地处理工程, 该系统处理 1 m^3 水需要 2.7 m^2 左右的湿地, 比传统生物处理工艺单位水处理用地大得多, 在土地资源较为紧张的情况下, 人工湿地处理系统的应用受影响。

2.3.3 气候制约

我国南北方地区的降雨、水文、气候条件差异较大, 南方夏季多雨, 会改变湿地的坡降甚至淹没湿地; 北方冬季由于低温, 系统的处理效率最低甚至降至零。

2.3.4 缺乏统一规范和标准

人工湿地的设计、运行、施工、维护等过程的相关数据和资料缺乏系统的整理和概括, 需要系统长期积累运行数据。并且由于人工湿地所在地的气候条件不同, 其设计规模和类型也千差万别, 研究成果缺乏可比性。

2.4 优化建议

人工湿地作为一种具有发展潜力的预处理技术, 在今后的研究和应用中, 可以从以下几个方面来进行改善。

2.4.1 建立人工湿地数据库

根据现有的人工湿地构建和后期维护过程的相关数据和资料, 进行科学的统计和整理, 为今后的人工湿地的结构设计提供有关的机理、参考设计规范和数据。

2.4.2 深入研究人工湿地机理

人工湿地涉及的机理广泛且复杂, 研究机理

有助于建立去除污染物的反应动力学模型, 进而普遍推广。

2.4.3 优化技术参数

人工湿地工艺效果的优化可以从氧浓度、植被、微生物数量 3 个技术参数入手。

(1) 氧浓度

在水体进入人工湿地前通过曝气、跌水等方式, 提高水中溶解氧, 创造一定的有氧环境, 促进亚硝酸菌和硝酸菌的增殖, 进一步强化系统硝化能力。

(2) 植被

人工湿地中植物具有很强的间接去污作用, 不同的植物对不同类型和组成水质净化效果差异很大。因此在对城市微污染水体进行处理时, 必须要对植被进行合理搭配, 从而使得人工湿地的处理功能有效发挥出来, 实现水体净化效果的提升。

(3) 微生物数量

在整个湿地生态系统中, 微生物的数量对其生态系统的形成有着直接的影响, 并且对水体中污染物的分解起重要作用。为了提高人工湿地中微生物生产效率, 研究微生物扩增的培养方法, 并对湿地中微生物的数量以及群落结构进行处理和调整, 是改善湿地运行效果的措施之一。

3 结语

将人工湿地技术应用于微污染水体处理, 必须做到因地制宜, 力求充分发挥作用, 确保其良好的除污效果。人工湿地技术短期处理效果好, 但是一般长期的运行后, 会出现植物吸附量饱和以及基质被阻塞等问题。因此, 今后的研究和应用需注重人工湿地处理能力的长期维持及稳定。同时人工湿地处理微污染水的技术有待进一步的深入研究, 尤其在机理方面, 这些问题影响和阻碍着人工湿地技术的开发和利用。

参考文献:

- [1] 左倬, 胡伟, 朱雪诞, 等. 不同季节表流湿地对微污染原水的净化效果分析 [J]. 人民长江, 2013, 44 (19): 91-95.
- [2] 陈永华, 吴晓芙, 陈明利, 等. 人工湿地污水处理系统中的植物效应与基质酶活性 [J]. 生态学报, 2009, 29 (11): 6051-6058.

(下转第 25 页)
